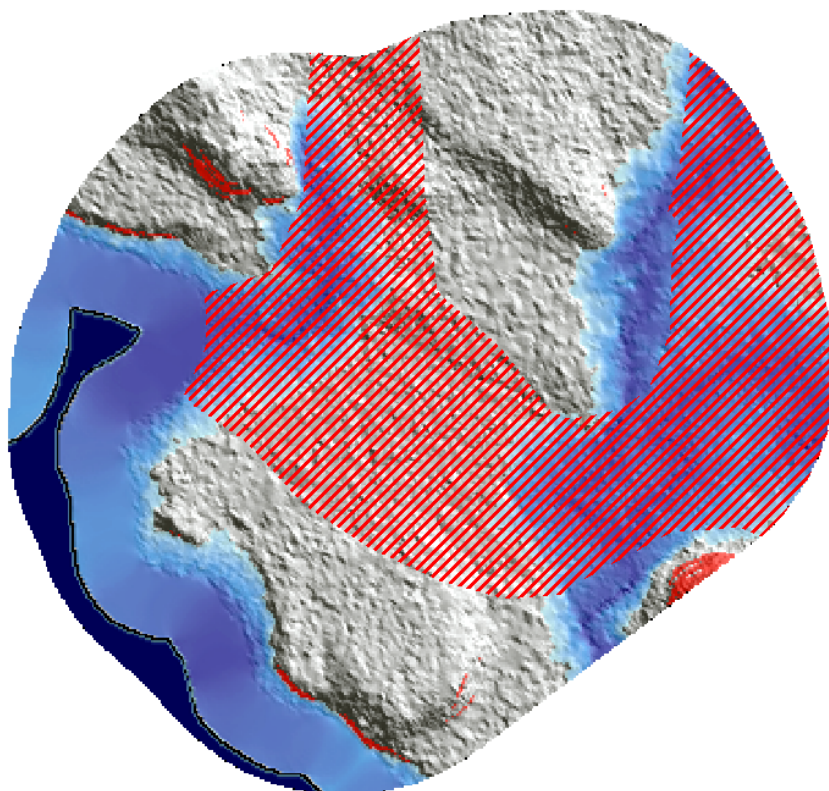


Utveckling av en modell för bärighetsklassificering av skogsmark

A model for estimating the bearing capacity on forest land



Anton Hammarström

Omslagsbild:

Foran Sverige AB & Sveriges geologiska undersökning (SGU)

Elektronisk publicering:

<http://stud.epsilon.slu.se>



Examensarbeten

Fakulteten för skogsvetenskap

Institutionen för skogens ekologi och skötsel

2015:16

Utveckling av en modell för bärighetsklassificering av skogsmark

A model for estimating the bearing capacity on forest land

Anton Hammarström

Nyckelord / Keywords:

Bärighet, grundförhållande, GYL, jordart, markfuktighet, markfuktighetskartor, jordartskartan /
*Bearing capacity, ground conditions, soil texture, soil moisture, soil moisture maps, soil texture
maps, depth to water, DTW*

ISSN 1654-1898

Umeå 2015

Sveriges Lantbruksuniversitet / *Swedish University of Agricultural Sciences*

Fakulteten för skogsvetenskap / *Faculty of Forest Sciences*

Jägmästarprogrammet / *Master of Science in Forestry*

Examensarbete i skogshushållning / *Master degree thesis in Forest management*

EX0770, 30 hp, avancerad nivå A2E/ *advanced level A2E*

Handledare / *Supervisor*: Tord Magnusson

SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel / *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*

Bitr handledare / *Assistant supervisor*: Jörgen Wallerman

SLU, Inst för skoglig resurshushållning / *SLU, Dept of Forest Resource Management*

Examinator / *Examiner*: Mikael Ottosson Löfvenius

SLU, Inst för skogens ekologi och skötsel / *SLU, Dept of Forest Ecology and Management*

I denna rapport redovisas ett examensarbete utfört vid Institutionen för skogens ekologi och skötsel, Skogsvetenskapliga fakulteten, SLU. Arbetet har handledts och granskats av handledaren, och godkänts av examinator. För rapportens slutliga innehåll är dock författaren ensam ansvarig.

This report presents an MSc/BSc thesis at the Department of Forest Ecology and Management, Faculty of Forest Sciences, SLU. The work has been supervised and reviewed by the supervisor, and been approved by the examiner. However, the author is the sole responsible for the content.

Förord

Denna studie är ett examensarbete inom jägmästarprogrammet om 30 hp. Initiativet för arbetet kom från skogsägarförening Södra som ville undersöka om den nya höjdmodellen av Sverige kan användas för att planera avverkningar bättre. Arbetet kom därefter också att inkludera Foran Sverige AB, som bland annat skapar markfuktighetskartor utifrån den nya höjdmodellen. Studien genomfördes under hösten 2014 och våren 2015 och skrevs vid institutionen för skogens ekologi och skötsel, Sveriges lantbruksuniversitet (SLU) i Umeå.

Jag vill rikta ett stort tack till min handledare Tord Magnusson vid institutionen för skogens ekologi och skötsel och min biträdande handledare, som också kopplade mig samman med Södra, Jörgen Wallerman vid institutionen för skoglig resurshushållning. Sedan vill jag självfallet rikta ett stort tack till Södra och Foran Sverige AB i allmänhet och mina kontakter på företagen, Mats Johansson och Johan Malmqvist på Södra och Erik Eklund på Foran i synnerhet. Därtill finns det ett flertal personer som har hjälpt, stöttat och kommit med kommentarer i stort och i smått. Ingen nämnd och ingen glömd. Tack!

Anton Hammarström

Umeå, juni 2015

Sammanfattning

Körskador på skogsmark är någonting som skogsnäringen arbetar för att minska. Till sin hjälp brukar traditionellt en manuell klassning av grundförhållanden, ytstruktur och lutning (GYL-klassningen) användas för att beskriva förhållandena på en trakt. Den femgradiga skalan för grundförhållande väger då samman jordart, markfuktighet, m.m. för att beskriva markens bärighet. Sedan en tid tillbaka har dock även markfuktighetskarter introducerats. Dessa bygger på den nya höjdmodellen, framtagen av Lantmäteriet genom flygburen laserskanning och kan ge detaljerade uppgifter om markfuktigheten. Markfuktigheten är dock endast en del i vad som avgör markens bärighet då även bl.a. jordarten har stor påverkan. I denna studie undersöks om markfuktighetskarter kan kombineras med jordartskartan för att skapa karter som bättre beskriver markens bärighet.

I studien samlades uppgifter om jordart, markfuktighetsklass och dikning in vid 350 punkter i fält. Inventeringen gjordes på hyggen gjorda av skogsägarföreningen Södra och låg inom deras verksamhetsområden Växjö och Vimmerby. Utifrån inventerade värden klassades grundförhållandet (bärigheten) vid punkterna. Jordartskartans klasser och markfuktighetskartans kontinuerliga värden klassades om för att på bästa möjliga sätt stämma överens med fältinventeringen och parades ihop med data de fältmätta värdena. Klassificeringen gjordes manuellt för jordartskartan och genom k-Nearest Neighbour (k-NN) för markfuktighetskartan. Markfuktighetskartan kombinerades sedan med den tolkade jordartskartan för att få en klassning av bärigheten. Markfuktighetskartan klassades även genom k-NN för att stämma överens med bärigheten. Dessa olika klassningar jämfördes sedan sinsemellan och med den fältinventerade bärighetsklassningen.

Studien visar att i de områden där jordartskartan finns i skala 1:50 000, vilket är ca 58 % av Södras areal ökar markfuktighetskartans förmåga att klassa bärigheten från 35 % till 63 % om jordartskartan inkluderas i klassningen. I områden där jordartskartan finns i skala 1:100 000 försämras dock klassningen från 42 % till 33 % om jordartskartan inkluderas. Anledningen till detta är jordartskartans bristande förmåga att hitta mindre torvmarksfläckar i den grövre skalan.

Den enda information som hämtas ur jordartskartan är då uppgifter om ifall marken är torv- eller fastmark. Jordartskartan anses i övrigt ha en för dålig upplösning för att göra en mer detaljerad klassning. Slutsatsen är därför att; ifall information om torvmark läggs till markfuktighetskartan skulle sambandet till bärighet kunna förbättras, åtminstone där jordartskartan finns i skala 1:50 000.

Nyckelord: Bärighet, grundförhållande, GYL, jordart, markfuktighet, markfuktighetskarter, jordartskartan

Abstract

Driving damages on forest soils during logging are something that the forest industry is working hard to reduce. One way to do this has traditionally been to manually classify the ground condition, surface texture and slope (usually called the GYL-classification in Sweden). The five graded scale for ground conditions weigh together soil type, soil moisture etc. to describe the bearing capacity of the soil. For some time, soil moisture maps also have been introduced to the forestry sector. These are made from the new terrain model, derived from airborne laser scanning and can give detailed information of the soil moisture. That is however only one of the factors that determine the bearing capacity of the soil, since e.g. soil texture also is an important aspect. This study will test if soil moisture maps' relationship to the bearing capacity can be improved if they are combined with soil texture maps.

In the field, information about soil texture, soil moisture class, and ditches was gathered at 350 different points. The points were spread out over clear cuts, made by the forestry owner association Södra in their operation areas Våxjö and Vimmerby. From the gathered information was then the bearing capacity classified at each point. The soil texture map and soil moisture map was classified to correspond to the values from the field inventory and paired together with the field inventoried data. The classification of the soil texture map was done manually and for the soil moisture map it was done with k-Nearest Neighbour (k-NN). The soil moisture map was then paired together with the soil texture map to give a classification of the soil bearing capacity. The soil moisture map was also classified with k-NN to correspond directly to the soil bearing capacity. These classifications were then compared with each other and the field inventoried values.

In areas where the soil texture map have the scale of 1:50 000, which is about 58 % of Södra's area, is the soil bearing classification improved if the soil texture map is included. The overall accuracy of the classification goes from 35 %, if only the soil moisture map is used to 63 % if the soil moisture and soil texture maps are combined. The overall accuracy in areas where the soil texture map have the scale of 1:100 000 is reduced from 42 % to 33 % if the soil texture map is included. The reason for that is the inability of the soil texture map to find small peat areas in the coarser scale. The only information that is gathered from the soil texture map is if the ground is peat or mineral. For more detailed information is the soil texture map regarded as to imprecise. The study does conclude that the soil moisture maps' relationship to the soil bearing capacity could be improved if information about peat land areas are added to the maps, at least in areas where the soil texture maps have the scale of 1:50 000.

Keywords: Bearing capacity, ground conditions, soil texture, soil moisture, soil moisture maps, soil texture maps, depth to water, DTW

Innehållsförteckning

Tabellförteckning	6
Figurförteckning	8
1 Inledning	9
1.1 Effekter av spår	10
1.2 Hur markfuktigheten kan beräknas	11
1.3 Bärigheten hos skogsmark	12
1.4 Syfte	13
2 Material och metod	14
2.1 Inventerade objekt	14
2.2 Databehandling	16
2.2.1 Dikningseffekter	17
2.2.2 Förväxlingsmatriser	17
2.2.3 Tolkning av jordartskartan	18
2.2.4 Klassning av bärighet och jämförande beräkningar	18
3 Resultat	20
3.1 Klassning av markfuktighet	20
3.2 Tolkning av jordartskartan	22
3.3 Klassning av bärighet	23
3.3.1 Alla punkter	23
3.3.2 Jordartskartan i skala 1:50 000	24
3.3.3 Jordartskartan i skala 1:100 000	26
4 Diskussion	28
4.1 Markfuktighetskartan	28
4.2 Jordartskartan	29
4.3 Klassificeringen av bärighet	30
4.4 Slutsatser	31
Referenslista	32
Bilaga 1	35
Flödesschema över genomförda moment	35
Bilaga 2	37
Förväxlingsmatriser för tolkningen av jordartskartan	37

Tabellförteckning

Tabell 1. Bärighetsklassificering för södra Sverige, humiditet 200-400 mm enligt Forskningsstiftelsen skogsarbeten (1969)*.	10
Tabell 2. Antalet objekt besökta per marktyp och skala*. Tal inom parentes anger antalet objekt som planerades att besökas.	15
Tabell 3. De olika variablerna som samlades in i fält för varje provyta, vilken enhet de mättes i samt hur de definierades.	16
Tabell 4. Förväxlingsmatris över fältklassad markfuktighet mot datormodellerad och klassad markfuktighet.	21
Tabell 5. Förväxlingsmatris över fältklassad markfuktighet mot datormodellerad och klassad markfuktighet för subjektivt bedömt icke dikningspåverkade områden.	21
Tabell 6. Fördelningen av jordartsklasser hos jordartskartan bland de inventerade punkterna och hur jordartskartan tolkades.	22
Tabell 7. Förväxlingsmatris över fältklassad bärighet mot klassad bärighet, beräknad utifrån markfuktighetskartan.	24
Tabell 8. Förväxlingsmatris över fältklassad bärighet mot klassad bärighet, beräknad utifrån markfuktighetskartan och jordartskartan.	24
Tabell 9. Förväxlingsmatris för inventerade punkter i områden där jordartskartan finns i skala 1:50 000. Fältklassad bärighet ställs mot klassad bärighet, beräknad utifrån markfuktighetskartan.	25
Tabell 10. Förväxlingsmatris för inventerade punkter i områden där jordartskartan finns i skala 1:50 000. Fältklassad bärighet ställs mot klassad bärighet, beräknad utifrån jordartskartan och markfuktighetskartan.	25
Tabell 11. Förväxlingsmatris för inventerade punkter i områden där jordartskartan finns i skala 1:100 000. Fältklassad bärighet ställs mot klassad bärighet, beräknad utifrån markfuktighetskartan.	26
Tabell 12. Förväxlingsmatris för inventerade punkter i områden där jordartskartan finns i skala 1:100 000. Fältklassad bärighet ställs mot klassad bärighet, beräknad utifrån jordartskartan och markfuktighetskartan.	27
Tabell 13. Förväxlingsmatris för klassad jordart mot, från jordartskartan tolkad jordart för samtliga punkter.	37
Tabell 14. Förväxlingsmatris för klassad jordart mot, från jordartskartan tolkad jordart för punkter inventerade där jordartskartan finns i skala 1:50 000.	37
Tabell 15. Förväxlingsmatris för klassad jordart mot, från jordartskartan tolkad jordart för punkter inventerade där jordartskartan finns i skala 1:100 000.	37
Tabell 16. Förväxlingsmatris för klassad textur mot, från jordartskartan tolkad textur för samtliga punkter.	38

Tabell 17. Förväxlingsmatris för klassad textur mot, från jordartskartan tolkad textur för punkter inventerade där jordartskartan finns i skala 1:50 000.	39
Tabell 18. Förväxlingsmatris för klassad textur mot, från jordartskartan tolkad textur för punkter inventerade där jordartskartan finns i skala 1:100 000.	40

Figurförteckning

<i>Figur 1.</i> Utvalda objekt för inventeringen. Både besökta och icke besökta.	15
<i>Figur 2.</i> Flödesschema över genomförda moment i studien.	35
<i>Figur 3.</i> Teckenförklaring till figur 2.	36

1 Inledning

I Sverige idag används vanligtvis en skala där jordart och markfukt vägs samman för att bedöma bärigheten på en trakt. En vanlig sådan skala är GYL-klassningen (Grundförhållanden, Ytstruktur, Lutning) (Lundqvist m.fl., 2010) där den femgradiga skalan för grundförhållande väger samman jordart, markfuktighet, armering av block och rötter samt humiditet för att beskriva bärigheten på trakten (Tabell 1) (Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, 1969). Sedan en tid tillbaka har dock även markfuktighetskartor introducerats inom skogsbruket. Dessa bygger på den nya nationella höjdmodellen, framtagen av Lantmäteriet, genom flygburen laserskanning.

Lantmäteriet har sedan 2009 arbetat med att ta fram denna nya, nationella höjdmodell med förbättrad upplösning (Lantmäteriet, 2014) och nu har i stort sett hela landet skannats (Lantmäteriet, 2015). Data från denna flygskanning har inte enbart använts till att skapa en ny höjdmodell över Sverige, utan en mängd nya tillämpningar har också tagits fram, inte minst till nytta för skogsbruket. En av dessa många tillämpningar är utvecklandet av olika markvattenmodeller. En tanke med dessa modeller är att de sedan kan nyttjas av skogsbruket för att identifiera sankade områden med sämre bärighet i skogen. Markfuktigheten är dock endast en del i vad som avgör bärigheten på en trakt då även jordarten har stor påverkan (Greacen & Sands, 1980).

Sveriges geologiska undersökning (SGU) har framställt jordartskartor i skala 1:50 000 eller 1:100 000 över stora delar av Sverige. Medelfelet uppskattas till mellan 100-200 m för den grövre skalan och 50-75 m för den finare (Sveriges geologiska undersökning, 2014). En förhållandevis grov jordartskarta borde, trots osäkerheten i gränsdragningar, ändå kunna bistå både maskinförare, traktplanerare och skogsägare då information om jordart är ett viktigt komplement till markfuktighetskartorna. Till exempel skulle ett fuktigt område på en grov moränmark ofta kunna gå att driva över medan det borde undvikas på en finare sedimentmark eller torvmark.

Det borde därför vara av stor nytta att kunna inkludera jordarten även då de nya markfuktighetskartorna används för att avgöra bärigheten på en trakt.

Tabell 1. *Bärighetsklassificering för södra Sverige, humiditet 200-400 mm enligt Forskningsstiftelsen skogsarbeten (1969)*.*

Jordart	Mycket torr	Torr	Frisk	Frisk-fuktig	Något vattensjuk	Mycket vattensjuk
Moränmarker						
Grusig	1	1	1	1	2	2
Sandig	1	1	2	2	3	3
Sandig-moig	1	1	2	3	4	4
Moig, mjällig, lerig	1	2	3	4	4	5
Sedimentmarker						
Grus	1	1	1	1	1	2
Grovsand	2	2	1	1	2	3
Mellansand	2	2	2	2	3	4
Grovmo	2	2	2	3	4	5
Finmo, mjäla, ler	2	2	3	4	4	5
Torvmarker				5		

*För välarmerad mark kan värdena sänkas.

1.1 Effekter av spår

Spårbildning efter maskiner i terrängen för med sig en rad negativa effekter, både för naturen på platsen men också för miljöer längre bort. Spår efter maskiner kan ge två effekter på marken. Dels sker en kompaktion av markpartiklarna på grund av maskinens vikt och anläggningsyta mot marken (Eliasson, 2005), dels kan hjulen trycka ut jorden år sidan vilket kan skapa djupa spår (Williamson & Neilsen, 2000).

Kompaktionen av marken kan sträcka sig flera decimeter ner i marken, och i vissa fall upp till en meter (Greacen & Sands, 1980). Denna kompaktion leder till att växternas rötter får svårt att utvecklas och tillväxtnedsättningar kan ske hos träden (Wästerlund, 1983). Kompaktion av marken leder också till att genomsläppligheten för vatten minskar. Detta kan leda till en ökad ytavrinning (Greacen & Sands, 1980), vilket kan medföra en ökad uttransport av mineral- och humuspartiklar från området, speciellt då marktäcket är förstört (Croke m.fl., 2001). Dessa partiklar kan sedan hamna i närliggande vattendrag där de kan förändra förutsättningarna i hela ekosystemet (Wood & Armitage, 1997). En ökad transport av organiskt material kan också bidra till att kvicksilver förs från skogsmarken och ut till sjöar och vattendrag (Karlsson m.fl., 2007).

Körskador i skogsmark är därför något som bör undvikas, vilket också står inskrivet i den svenska skogsvårdslagen (Skogsvårdslagen, 2014) och skogsnäringen arbetar idag aktivt med att undvika dessa. Bland annat genom att utveckla en branschgemensam miljöpolicy (Skogsindustrierna & LRF skogsägarna, 2014).

Skogsägarföreningen Södra har gått ännu längre och infört en markskoningsgaranti för deras slutavverkningar (Södra, 2013). I denna garanti ingår främst att planeringen av avverkningarna görs med ett större fokus på markens bärighet och att olika tekniska lösningar, såsom risning av vägar, band på maskiner och olika typer av markskonare används. Skulle ändå spår, djupare än 25 cm och längre än 50 m uppstå, åtar sig Södra att reparera marken till sitt ursprungliga skick (Södra, 2013).

1.2 Hur markfuktigheten kan beräknas

Det har sedan länge funnits metoder för att beräkna markvatten och hur detta rör sig i marken (Narasimhan, 2005). Begränsningar i datorkapacitet och tillgången på detaljerade höjdmodeller av landskapet har dock gjort att markfuktighetsmodellering inte gjorts på något storskaligt sätt fram tills för några år sedan. Ledande i utvecklingen har University of New Brunswick (UNB) varit då de utvecklat en ny modell för att beräkna markfuktigheten (Murphy m.fl., 2007). Tidigare modeller har ofta använt olika algoritmer där datorn beräknat vattenflöden från de högsta punkterna i terrängen och sedan ackumulerat flödena till lägre områden (exv. Moore m.fl., 1991; Hjerdt m.fl., 2004). Värden från sådana kartor utläses ofta som markfuktighetsindex (SWI *eng. soil wetness index*), där ett högre värde skall tolkas som högre risk att marken är fuktig då mer vatten strömmar dit.

I modellen från UNB används istället ett annat tillvägagångssätt. Där används kända vattendrag i området och utifrån markens lutning och avståndet till dessa vattendrag beräknas sedan det vertikala avståndet till vatten vid varje punkt i terrängen (Murphy m.fl., 2007). Modellen bygger alltså på antagandet att ju längre bort, och högre upp ifrån ett känt vattendraget en punkt befinner desto mindre är risken att platsen är fuktig. Värdena från modellen utläses som djupet till vatten (DTW *eng. depth to water*) där ett mindre värde indikerar att djupet till markvattnet troligtvis är litet. Då metoderna har testats har DTW-metoden haft god överensstämmelse med verkligheten och överträffat modelleringar av SWI (Murphy m.fl., 2009; Bergkvist m.fl., 2014). Områden som är enligt modellerat DTW-index är fuktiga riskerar också att i större utsträckning drabbas av körskador (Bergkvist m.fl., 2014). Dock spelar också jordens textur in en viss del (Campbell m.fl., 2013). Studien av Bergkvist m.fl. (2014) visade också att diken är en felkälla till markfuktighetsberäkningarna. Detta eftersom modellen inte tar hänsyn till artificiell markavvattning.

Den nya höjdmodellen över Sverige med en upplösning på två gånger två meter (Lantmäteriet, 2014) har nu gjort att markfuktighetsmodelleringar börjat kunna utföras över landet i stor omfattning, till intresse för skogsbruket.

För att nyttja vid planering och som en tjänst till sina kunder har Södra inlett ett samarbete med Foran Sverige AB. Foran har bland annat specialiserat sig på fjärranalys och framställer markfuktighetskarter enligt DTW-metoden.

1.3 Bärigheten hos skogsmark

Skogsmarkens bärighet är en viktig faktor vid planering och utförande av avverkningar (Lundqvist m.fl., 2010). Avgörande för markens bärighet på fastmark är kohesionen och friktionen mellan partiklarna i marken. Kohesion är den elektrokemiska attraktionskraft som uppstår mellan lerpartiklarna, som är de minsta mineralpartiklarna i marken och mellan lerpartiklar och vattenmolekyler (Brady & Weil, 2002). Minskande vattenhalt och ökad kompaktion av marken bidrar till att kohesionskraften mellan markpartiklarna ökar, vilket ger bättre bärighet (Brady & Weil, 2002). Friktion består i den fysiska låsningen mellan grövre partiklar som hakar i varandra. Hos friktionsjordar kan en ökad vattenhalt till viss del bidra till en förbättrad bärighet (Brady & Weil, 2002) men partiklarnas storlek och form är också mycket avgörande (Greacen & Sands, 1980). Dessutom spelar armering av rötter och om det finns grövre stenar och block i marken avgörande roll för bärigheten (Saarilahti, 2002).

För torvmarker är bärigheten generellt mycket lägre men förhållandena kan även här vara skiftande (Päivänen & Hånell, 2012). Generellt kan sägas att en torrare torv som innehåller mer fibrer och växtrester ger en bättre bärighet (Päivänen & Hånell, 2012).

Att objektivt mäta den exakta bärigheten i fält är dock problematiskt, speciellt i de moränjordar som är vanliga i Sverige. Ett vanligt sätt att mäta bärigheten är att använda en s.k. penetrometer (Brady & Weil, 2002). Metoden går ut på att en sond pressas ned i marken. Den kraft som krävs för att göra detta kan sedan sättas i relation till markens bärighet. En sådan metod är dock känslig för bland annat stenar i marken (exv. Anderson m.fl., 1980; Eliasson, 2005).

I denna studie har därför ett annat angreppssätt till att mäta bärigheten valts. Genom att indirekt beräkna bärigheten utifrån ett accepterat (Lundqvist m.fl., 2010) och sedan länge använt system kan flera osäkerheter elimineras. Metoden togs fram under 60-talet av Forskningsstiftelsen skogsarbeten och är för första gången publicerad i deras redogörelse nr 6 (1969). I redogörelsen framgår tre sätt för att klassificera bärigheten, ett för norra Sverige och två för södra. Avgörande för vilken metod som skall användas i södra Sverige är Tamms (1959) humiditets-tal (Berg, 1995). Metoden är också utvecklad för att vara snabb och enkel att an-

vända, vilket medför att ett stort dataunderlag kan samlas in effektivt. Eftersom större delen av landet, och försöksområdet, faller inom den normal-humida regionen, det vill säga en humiditet av 200-400 mm (Tamm, 1959) används just tabell 1 för denna studie.

1.4 Syfte

Denna studies syfte är att undersöka om de nya markfuktighetskartornas samband till markens bärighet kan förbättras genom att markfuktighetskartan kombineras med jordartskartan. Detta kommer både att ske generellt och för olika skalor på jordartskartan. Dessutom kommer markfuktighetskartan testas mot fältmätta värden.

2 Material och metod

2.1 Inventerade objekt

Målet för inventeringen var att hitta objekt med skiftande markförhållanden, bra storlek och goda förutsättningar för GPS-positionering. Dessutom skulle det finnas objekt att besöka i områden där jordartskartan finns i skala 1:50 000 och områden där skalan är 1:100 000, samt överlag vara god geografisk spridning på objekten. För att tillmötesgå god GPS-positionering bestämdes att hyggen skulle besökas. Då förändringar av markskiktets växtlighet och markvattenförhållandena kan ske på hyggen beslutades dock att hyggerna inte skulle vara äldre än cirka ett år. För att inkludera områden med skiftande markförhållanden valdes objekt ut där jordarten övergår från moränmark till sedimentmark, från moränmark till torvmark, samt dikade områden på både fastmark och torvmark. Detta gjordes med riktat urval utifrån jordartskartan. Dessutom valdes ytterligare åtta objekt slumpmässigt ut.

Tillsammans med Södra bestämdes att inventeringen skulle ske i Växjö och Vimmerby verksamhetsområden. Detta eftersom stora delar av Växjö verksamhetsområde har täckning för jordartskartan i skala 1:50 000, medan stora delar av Vimmerby har jordartskartan i skala 1:100 000. Detta skapade dessutom en god geografisk spridning. Med hjälp av ESRI:s programvara ArcGIS (ArcMap 10.2) valdes sedan objekt att besöka ut. I ett första skede användes SGU:s jordartskarta, hämtad från SLU:s GIS-databas, för att hitta gränsområden mellan sedimentmark och moränmark, samt mellan torvmark och moränmark. Dessa områden delades därefter upp utifrån vilken skala jordartskartan var i. Ett kartlager över Södras hyggen, upptagna sedan den första januari 2014 lades över de utsökta områdena och utifrån dessa valdes slumpmässigt hyggen ut som låg inom gränsområdena. En kvalitetskontroll genomfördes av de utvalda objekten där hyggernas placering jämfördes med jordartskartan. Detta för att säkerställa att objekten verkligen låg inom övergångsområden, samt inom rätt skala på jordartskartan. För att hitta dikade objekt att besöka ombads personal på Södras lokalkontor i Växjö och Vimmerby

välja ut ett antal lämpliga hyggen. Slutligen valdes, utifrån Södras kartfil med hyggen, ytterligare ett antal objekt ut slumpmässigt. Totalt valdes 33 hyggen ut att besöka. På grund av tidsbrist och väderförhållanden, såsom att tjälen gick i marken fick dock tre objekt väljas bort (Tabell 2).

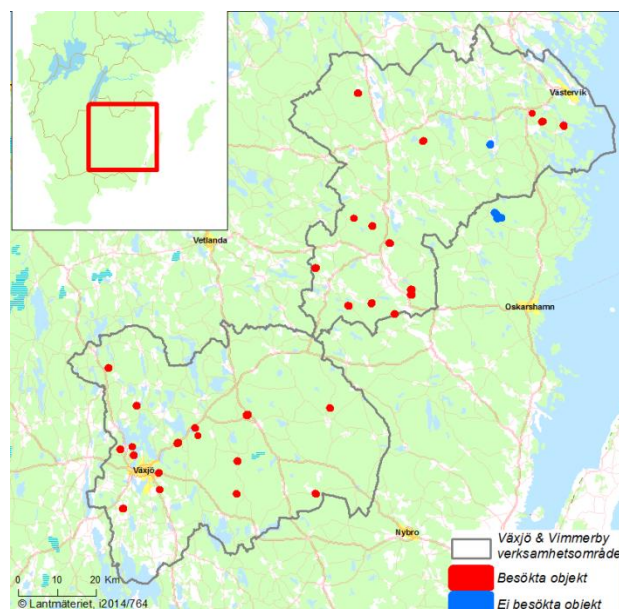
Tabell 2. Antalet objekt besökta per marktyp och skala*. Tal inom parentes anger antalet objekt som planerades att besökas.

Marktyp	Antal utvalda objekt i skala*:		Totalt
	1:50 000	1:100 000	
Övergång: Fastm. – torvm.	4	4	8
Övergång: Morän - sediment	4	4	8
Övergång: Dikat – odikat	3	3(6)	6(9)
Slumpvis utvalda objekt	4	4	8
Summa	15	15	30(33)

*Den skala SGU:s jordartskarta har täckning för vid objektet.

När objekten valts ut lades, med hjälp av ArcGIS ett rutnät av provytepunkter ut över varje område med slumpmässig startpunkt. Detta gjordes med verktyget ”Create Fishnet”, vilket skapade ett rutnät över området med en centrumpunkt i varje ruta. Dessa punkter flyttades sedan en slumpvis sträcka i x- och y-led. Då det finns risk att jordarten och markfuktigheten varierar mer i närheten av vattendrag, sjöar och sankmarker skapades utifrån Lantmäteriets terrängkarta två marktyper (stratum) med olika provtagningsintensitet. Inom 20 m från närmaste vattendrag, sjö eller sankmark lades provytepunkterna ut med ett inbördes avstånd av 30 m. Inom resterande yta var avståndet mellan provytepunkterna 65 m. Totalt resulterade detta i 482 punkter, där i slutändan 350 besöktes.

Inventeringen i fält skedde mellan den 16:e och 29:e december 2014, med ett uppehåll mellan den 22:a och 27:e december (Figur 1). I fält samlades med hjälp av jordsond, måttband, okulär besiktning, samt en differentiell GPS-mottagare (DGPS) (TopCon, GMS-2) totalt 11 variabler in vid varje provytecentrum (Tabell 3). Instruktioner för hur



Figur 1. Utvalda objekt för inventeringen. Både besökta och icke besökta.

dessas skulle samlas in hämtades till största delen från riksskogstaxeringens fältinstruktion (Riksskogstaxeringen, 2014), men också andra källor användes. För att klassa markfuktigheten användes rapporten *Terrängtypschema för svenskt skogsbruk* (Forskningsstiftelsen Skogsarbeten, 1969). Klassningen stämmer i stort överens med riksskogstaxeringens definition, men med skillnaden att riksskogstaxeringen har fem klasser. För att klassa jordart och textur användes riksskogstaxeringens metodik men då inte klasserna var definierade i instruktionen användes *Kompendium i markvetenskap för jägmästarprogrammets grundkursers* (Magnusson, 2011) definition för detta. Variabeln ”Bedömt dikningspåverkat” klassades endast subjektiv. Där gjordes en överblick av terrängen vid varje punkt och upptäcktes något dike i närområdet gjordes en subjektiv bedömning om detta påverkade markvattnet vid punkten. Avgörande för klassningen var om punkten låg högre eller lägre än diket, samt hur nära diket provytan låg. För att hitta provytornas placering användes en handdator (Apple, iPad) där kartor över objekten samt provytornas placering hade lagts in i ett visningsprogram (Avenza PDF maps). Med hjälp av kartorna och handdatorns GPS-mottagare hittades provytan. Insamlade data från varje provyta sparades också till ett program i handdatorn (GIS Cloud). Den exakta positionen vid varje provyta loggades med DGPS-mottagaren under tiden övriga variabler samlades in.

Tabell 3. De olika variablerna som samlades in i fält för varje provyta, vilken enhet de mättes i samt hur de definierades.

Variabel	Enhet	Definition och instruktion
Markfuktighetsklass	6-gradig skala	Enligt Forskningsstiftelsen skogsarbeten (1969)
Jordart i fält	5 klasser	Enligt Riksskogstaxeringen (2014) & Magnusson (2011)
Textur i fält	8 klasser	Enligt Riksskogstaxeringen (2014) & Magnusson (2011) Magnusson (2011)
Humuslagrets tjocklek	Centimeter	Enligt Riksskogstaxeringen (2014)
Dikat	Ja/Nej	Enligt Riksskogstaxeringen (2014)
Dikat i samband med hygget	Ja/Nej	Enligt Riksskogstaxeringen (2014)
Fungerande dikning	Ja/Nej	Enligt Riksskogstaxeringen (2014)
Bedömt dikningspåverkat	Ja/Nej	Subjektiv bedömning
Blockrikt	Ja/Nej	Enligt Forskningsstiftelsen skogsarbeten (1969)
Notering	Text	Fri text
Placering	Lat, long	Med TopCon GMS-2, DGPS

2.2 Databehandling

Då fältinventeringen var genomförd gjordes databehandling och analys i flera steg (Bilaga 1). I ett första steg hämtades provytornas position från DGPS-mottagaren

och efterbehandlades i ett datorprogram (TopCon Tools 7.5). I programmet slogs mottagarens uppsamlade information från satelliter och referensstationer samman med nedladdad data från Lantmäteriets databas med information om SWEPOS referensstationer för att förbättra positioneringen. Även en kvalitetsrapport producerades av datorprogrammet. Därefter parades övriga variabler ihop med provytornas position. I ArcGIS tilldelades varje provyta värden för jordarten enligt SGU:s jordartskarta samt för markfuktigheten, modellerad enligt DTW-metoden av Foran Sverige AB. Jordartskartan hämtades som vektordata från SLU:s GIS-server och markfuktighetskartan beställdes över områdena från Foran och hämtades hem som rasterfiler med en pixelstorlek på 1x1 meter från deras hemsida. All data exporterades sedan till Microsoft Excel för vidare behandling.

I Excel sorterades, utifrån noteringar gjorda i fält, punkter som riskerade att störa vidare bearbetning bort. Sådana punkter kunde till exempel vara punkter som hamnat på vägar eller dikesvallar. Kvalitetsrapporten granskades också. Därefter nyttjades inventerade värden för markfuktighet, jordart, textur, humuslagrets tjocklek och blockriklighet för att i Excel klassa bärigheten vid varje punkt, i enlighet med Forskningsstiftelsen Skogsarbetens rapport (1969) (Tabell 1). För blockrik mark ökades bärigheten med en klass. Punkter med ett humuslager tjockare än 30 cm klassades som torvmark. Därefter delades punkterna slumpvis upp i ”tränings-” och ”valideringspunkter”. Värden för inventerad markfuktighet, bärighet och modellerad markfuktighet enligt markfuktighetskartan exporterades sedan till statistikprogrammet RStudio (RStudio, öppen källkod) där de kontinuerliga värdena för den modellerade markfukten klassades för att motsvara markfuktighetsklassningen i fält. Klassningen gjordes med k-Nearest Neighbour-klassificering (k=1) (k-NN). Därefter klassades bärigheten vid punkterna utifrån den modellerade markfuktigheten enligt samma metod. De klassade värdena för markfuktighet och bärighet flyttades sedan tillbaka till Excel.

2.2.1 Dikningseffekter

Effekten av diken undersöktes genom att alla punkter klassade som dikningspåverkade rensades bort. Därefter gjordes en ny k-NN-klassning av markfuktighet och bärighet och jämfördes med resultatet av de första klassningarna. Klassningar gjordes både då punkter klassade som dikade med fungerande diken enligt riksskogstaxeringens definition (Riksskogstaxeringen, 2014) rensats bort och då punkter som subjektivt bedömts som dikningspåverkat rensats bort.

2.2.2 Förväxlingsmatriser

För att kunna genomföra en bärighetsklassning med hjälp av jordartskartan och den modellerade och klassade markfuktigheten behövde jordartskartans värden tolkas. Detta gjordes genom att två s.k. förväxlingsmatriser (*eng. confusion matri-*

ces) skapades för träningspunkterna. Förväxlingsmatriser är en vanlig metod för att utvärdera klassade områden inom fjärranalys (Lillesand m.fl., 2008). Horisontellt har förväxlingsmatriser listat de klasser som inventerats i fält medan de vertikalt listat de maskinellt, eller fjärrtolkade klasserna. Där de olika klassernas axlar korsas kan det sedan utläsas hur många punkter som klassats i en viss klass i fält och samtidigt tolkats till en viss klass. Den totala träffsäkerheten samt för klassificeringen, samt användarnoggrannheten och producentnoggrannheten för klasserna kan därefter utläsas. Den totala träffsäkerheten är andelen punkter som tolkats lika som de klassats i fält. Användarnoggrannheten är hur stor andel av en klass som klassas rätt då den tolkas och producentnoggrannheten är hur stor andel av de inventerade punkterna i en klass som tolkas rätt. Förenklat innebär det att högt värde för användarnoggrannhet ger stor chans att en plats på kartan är rätt klassad, medan ett högt värde för producentnoggrannheten ger stor chans att en klass i fält kommer tolkas rätt.

2.2.3 Tolkning av jordartskartan

Jordartskartan tolkades genom att kartans olika klasser tilldelades nya klasser, motsvarande de som inventerats i fält. Därefter lästes träffsäkerheten av i en förväxlingsmatris. Den klassning av jordartskartan som gav högst träffsäkerhet användes sedan. Detta gjordes först för variabeln jordart och därefter för textur. Det undersöktes även om säkerheten blev bättre om tillpassningen skedde separat för de olika skalorna på jordartskartan.

Hur stor andel av landarealen inom Södras verksamhetsområden som har jordartskartan i skala 1:50 000 beräknades också. Detta gjordes genom att i ArcGIS beräkna ytan där jordartskartan finns i skala 1:50 000 inom Södras verksamhetsområden och den totala landytan av Södras verksamhetsområden. Andelen beräknades sedan i procent.

2.2.4 Klassning av bärighet och jämförande beräkningar

För att sedan klassa bärigheten kombinerades den nu klassade jordartskartan med den klassade markfuktigheten enligt Tabell 1. Denna bärighetsklassning jämfördes slutligen med bärighetsklassningen som gjorts direkt utifrån den modellerade markfuktigheten. För jämförelsen användes valideringspunkterna och utifrån dessa gjordes förväxlingsmatriser för de olika klassningsmetoderna. Därur kunde säkerheten för hur väl de olika metoderna klassar bärigheten utläsas. Genom att dela upp punkterna efter vilken skala jordartskartan hade vid punkten kunde sedan bärighetsklassningen testas vid olika skalor på jordartskartan.

Beräkningar gjordes även för hur många punkter som datorn klassat inom en felmarginal av en klass från det fältinventerade värdet. Dessutom beräknades en kvot där antalet punkter som klassats för högt dividerades med antalet punkter som

klassats för lågt. Denna över-/underkvot beräknades både för antalet felklassade punkter och antalet felklassade punkter som låg utanför felmarginalen på en klass.

3 Resultat

Av de 350 provytepunkter som inventerades användes totalt 332 punkter för vidare klassning. Resterande 18 punkter rensades bort då de antingen hamnat på dikesvallar, i diken, på väg eller på frusen sjö. Enligt kvalitetsrapporten, hämtad från efterprocesseringen av DGPS-positioneringen, var den horisontella positioneringssäkerheten inom 0,6 meter, vilket ansågs vara godkänt. Av de kvarvarande punkterna var 72 punkter dikningspåverkade med fungerande diken enligt riksskogstaxeringens definition. 79 punkter hade subjektivt klassats dikningspåverkade. Som träningspunkter för vidare utpassning av modellerna blev av slumpen 178 punkter utvalda. Resterande 154 punkter fick validera klassningarna.

3.1 Klassning av markfuktighet

Klassningen av markfuktighetskartan i RStudio visar att den datormodellerade markfuktigheten stämmer överens med klassningen i fält vid 46,8 % av fallen (Tabell 4). Studeras tabellen vidare tycks datorklassningen ge en viss ökad spridning då fler punkter är klassade i klass 1, 2 och 6 av datorn jämfört med fältklassningen. Totalt sett är det 42 punkter som klassats för högt, de har alltså klassats som torrare i verkligheten, medan 40 punkter klassats för lågt.

Tabell 4. Förväxlingsmatris över fältklassad markfuktighet mot datormodellerad och klassad markfuktighet.

Datorklassning	Fältklassning						Total	Användarnoggrannhet
	1	2	3	4	5	6		
1	0	1	0	0	0	0	1	0 %
2	0	4	4	2	0	0	10	40 %
3	0	3	27	16	5	2	53	51 %
4	0	0	20	36	8	1	65	55 %
5	0	0	4	4	5	1	14	36 %
6	0	0	3	5	3	0	11	0 %
Total	0	8	58	63	21	4	154	
Producentnoggrannhet	-	50 %	47 %	57 %	24 %	0 %		
Träffsäkerhet	46,75 %							

Genomfördes en ny klassning där dikningspåverkade punkter rensats bort sjönk träffsäkerheten. Den klassning av dikade punkter som gav bäst samband, subjektivt bedömning av dikning, var endast i paritet med den tidigare klassningen (Tabell 5). Klassades sedan alla 154 valideringspunkter med endast odikade punkter som träningsdata sjönk träffsäkerheten i klassningen till 40,3 % (resultat visas ej).

Tabell 5. Förväxlingsmatris över fältklassad markfuktighet mot datormodellerad och klassad markfuktighet för subjektivt bedömt icke dikningspåverkade områden.

Datorklassning	Fältklassning						Total	Användarnoggrannhet
	1	2	3	4	5	6		
1	0	0	0	0	0	0	0	-
2	0	3	5	1	0	0	9	33 %
3	0	4	30	15	2	1	52	58 %
4	0	0	15	17	9	3	44	39 %
5	0	1	2	3	6	0	12	50 %
6	0	0	1	2	1	0	4	0 %
Total	0	8	53	38	18	4	121	
Producentnoggrannhet	-	38 %	57 %	45 %	33 %	0		
Träffsäkerhet	46,28 %							

Studerades träffsäkerheten för klassningen av markfuktighet mellan de olika skalorna för jordartskartan skiljde sig träffsäkerheten till viss del. För punkter där jordartskartan finns i skala 1:50 000 var träffsäkerheten 51,5 % och för punkter där jordartskartan finns i skal 1:100 000 var träffsäkerheten 43,0 %.

3.2 Tolkning av jordartskartan

För de inventerade områdena hade jordartskartan 10 olika klasser (Tabell 6). Jordartskartan i skala 1:50 000 hade fem klasser, medan jordartskartan i skala 1:100 000 hade fyra. Jordartsklassen isälvssediment fanns inom båda skalorna.

Tabell 6. *Fördelningen av jordartsklasser hos jordartskartan bland de inventerade punkterna och hur jordartskartan tolkades.*

Jordart i jordartskartan	Närvarande i skala	Antal inventerade punkter av klassen	Tolkad som
Mossetorv	1:50 000	14	Torv
Kärrtorv	1:50 000	60	Torv
Postglacial finsand	1:50 000	2	Sandig-moig morän
Postglacial sand	1:50 000	2	Sandig-moig morän
Isälvssediment	Båda	30	Sandig-moig morän
Torv	1:100 000	24	Torv
Lera-silt	1:100 000	4	Torv
Sandig morän	1:50 000	66	Sandig-moig morän
Morän	1:100 000	86	Sandig-moig morän
Berg	1:100 000	44	Sandig-moig morän

Dessutom fanns för vissa punkter information i tre kompletterande lager av jordartskartan:

- Blockighet i markytan
- Jordart, tunt eller osammanhängande ytlager
- Landform

Av dessa lager användes endast klassen för jordart, tunt och osammanhängande ytlager för att tolka jordartskartan. Inom lagret fanns tre klasser; morän, isälvssediment och torv. Klasserna morän och isälvssediment klassades som morän medan klassen torv klassades som torv då detta förbättrade tolkningen av jordartskartan. För resterande lager kunde inte något samband hittas till de inventerade värdena.

Den bästa möjliga tolkningen av jordartskartan resulterade i att endast två klasser användes, sandig moig morän och torv. Med denna tolkning kunde en total träffsäkerhet av 74,0 % nås för klassningen av jordart och en träffsäkerhet av 75,9 % nås för klassningen av textur (Bilaga 2). Anledning till den ökade träffsäkerheten vid texturklassningen var av att punkter, redan klassade som torv inte inkluderades.

Gjordes en bedömning av träffsäkerheten för punkterna i områden där jordartskartan fanns i skala 1:100 000 sjönk träffsäkerheten till 64,0 % för jordarten, medan texturens träffsäkerhet steg till 79,2 %.

Jordartskartan hade följaktligen en högre säkerhet för jordartstolkningen i områden där kartan fanns i skala 1:50 000. I dessa områden hade tolkningen av jordarten en träffsäkerhet av 86,8 %, medan texturens träffsäkerhet var 70,0 %.

Då alla utom en klass i jordartskartan endast fanns i representerade i en skala behövdes inte skalorna tolkas separat. Klassen isälvssediment, som fanns i båda skalorna fick högst träffsäkerhet om den klassades som sandig moig morän inom både skala 1:50 000 och skala 1:100 000.

Inom Södras verksamhetsområde fanns jordartskartan i skala 1:50 000 för 58 % av landarealen.

3.3 Klassning av bärighet

3.3.1 Alla punkter

Det bästa sambandet mellan markfuktighetskartan och den fältinventerade bärigheten erhöles då samtliga punkter användes vid k-NN-klassningen. Vid denna klassning uppnåddes en träffsäkerhet av 39,0 % (Tabell 7). Flertalet punkter, 62,3 %, låg också inom en felmarginal av en klass upp eller ned. Resterande punkter låg längre ifrån den inventerade bärigheten, där fler var klassade för högt än för lågt. Tilläts ingen felmarginal var kvoten över-/underklassificerade punkter 1,18, då 51 punkter klassats högre än den inventerade klassen, medan 43 punkter klassats lägre. För punkter utanför felmarginalen på en klass var kvoten för över-/underklassificerade punkter 1,63.

Användes endast icke dikningspåverkade punkter för att göra samma klassning var träffsäkerheten som bäst 30,0 %. Som träningsdata användes då punkter som subjektivt bedömts som icke dikningspåverkade. Användes endast icke dikningspåverkade punkter för att validera klassningen steg träffsäkerheten till 31,4 %, vilket ändå var lägre än om alla punkter användes.

Tabell 7. Förväxlingsmatris över fältklassad bärighet mot klassad bärighet, beräknad utifrån markfuktighetskartan.

Datorklassning	Fältklassning					Total	Användarnoggrannhet
	1	2	3	4	5		
1	9	5	2	2	1	19	47 %
2	6	8	7	1	13	35	11 %
3	7	4	6	0	3	20	30 %
4	0	0	1	1	9	11	9 %
5	8	10	11	4	36	69	52 %
Total	30	27	27	8	62	154	
Producentnoggrannhet	30 %	15 %	22 %	13 %	58 %		
Träffsäkerhet	38,96 %						

Kombinerades tolkningen av jordartskartan med den klassade markfuktighetskartan kunde en träffsäkerhet av 46,1 % nås för punkterna (Tabell 8). 77,3 % av de klassade punkterna hamnade inom en felmarginal av en klass från det fältinventerade värdet. Jämförs antalet överklassade punkter mot antalet underklassade är förhållandet relativt jämnt med en över/underkvot på 1,07. Tilläts däremot en felmarginal av en klass skedde en underklassning då över/underkvoten hamnade på 0,75.

Tabell 8. Förväxlingsmatris över fältklassad bärighet mot klassad bärighet, beräknad utifrån markfuktighetskartan och jordartskartan.

Datorklassning	Fältklassning					Total	Användarnoggrannhet
	1	2	3	4	5		
1	8	1	2	0	0	11	73 %
2	13	12	9	2	3	39	31 %
3	6	10	10	4	13	43	23 %
4	2	3	4	1	6	16	6 %
5	1	1	2	1	40	45	89 %
Total	30	27	27	8	62	154	
Producentnoggrannhet	27 %	44 %	37 %	13 %	65 %		
Träffsäkerhet	46,10 %						

3.3.2 Jordartskartan i skala 1:50 000

Jämfördes endast klassningarna för områden där jordartskartan fanns i skala 1:50 000 ökades träffsäkerheten för bärigheten, klassad utifrån jordartskartan och markfuktighetskartan, medan träffsäkerheten för bärighetklassningen då endast markfuktighetskartan användes var relativt konstant.

Bärighetsklassificeringen utifrån endast markfuktighetskartan hade där en träffsäkerhet på 35,3 % (Tabell 9) och 62,3 % av punkterna låg inom en felmarginal på

en klass. Överlag skedde här en underklassning där kvoten mellan punkter, klassade för högt av datorn och punkter klassade för lågt var 0,62 för samtliga punkter och 0,85 för punkter utanför felmarginalen på en klass.

Tabell 9. Förväxlingsmatris för inventerade punkter i områden där jordartskartan finns i skala 1:50 000. Fältklassad bärighet ställs mot klassad bärighet, beräknad utifrån markfuktighetskartan.

Datorklassning	Fältklassning					Total	Användarnoggrannhet
	1	2	3	4	5		
1	0	3	1	1	1	6	0 %
2	2	3	4	0	9	18	17 %
3	2	2	1	0	2	7	14 %
4	0	0	0	1	6	7	14 %
5	2	2	6	1	19	30	63 %
Total	6	10	12	3	37	68	
Producentnoggrannhet	0 %	30 %	8 %	33 %	51 %		
Träffsäkerhet	35,29 %						

Då jordartskartans tolkning slogs samman med markfuktigheten, klassad utifrån markfuktighetskartan kunde en träffsäkerhet på 63,2 % uppnås för varje inventerad punkt i terrängen (Tabell 10). Tilläts felmarginalen på en klass upp eller ner var träffsäkerheten 89,7 %. Kvoten för över/underklassning var här 0,79 för samtliga punkter och 0,75 utanför felmarginalen. Då större delen av punkterna var inom felmarginalen baserades över/under-kvoten för punkterna utanför denna endast på 7 punkter.

Tabell 10. Förväxlingsmatris för inventerade punkter i områden där jordartskartan finns i skala 1:50 000. Fältklassad bärighet ställs mot klassad bärighet, beräknad utifrån jordartskartan och markfuktighetskartan.

Datorklassning	Fältklassning					Total	Användarnoggrannhet
	1	2	3	4	5		
1	1	0	1	0	0	2	50 %
2	3	6	5	0	0	14	43 %
3	1	3	4	2	3	13	31 %
4	1	0	2	1	3	7	14 %
5	0	1	0	0	31	32	97 %
Total	6	10	12	3	37	68	
Producentnoggrannhet	17 %	60 %	33 %	33 %	84 %		
Träffsäkerhet	63,24 %						

3.3.3 Jordartskartan i skala 1:100 000

Bärighetsklassificeringen med endast markfuktighetskarta var något bättre i områden där jordartskartan fanns i skala 1:100 000. Inom dessa områden var träffsäkerheten 41,9 % (Tabell 11). Inom en felmarginal av en klass upp eller ner fanns 62,8 % av punkterna. Inom denna klassning var överklassificeringen som störst. Kvoten mellan överklassade mot underklassade punkter var här 2,13. För punkter utanför felmarginalen var kvoten 3.

Tabell 11. Förväxlingsmatris för inventerade punkter i områden där jordartskartan finns i skala 1:100 000. Fältklassad bärighet ställs mot klassad bärighet, beräknad utifrån markfuktighetskartan.

Datorklassning	Fältklassning					Total	Användarnoggrannhet
	1	2	3	4	5		
1	9	2	1	1	0	13	69 %
2	4	5	3	1	4	17	29 %
3	5	2	5	0	1	13	38 %
4	0	0	1	0	3	4	0 %
5	6	8	5	3	17	39	44 %
Total	24	17	15	5	25	86	
Producentnoggrannhet	38 %	29 %	33 %	0 %	68 %		
Träffsäkerhet	41,86 %						

Träffsäkerheten för bärighetsklassningen, gjord utifrån jordartskartan och markfuktighetskartan var för dessa punkter sämre än bärighetsklassningen som bara använt markfuktighetskartan. Inom områden där jordartskartan fanns i skala 1:100 000 var träffsäkerheten för bärigheten endast 32,6 % då jordartskartan och markfuktighetskartan användes för att klassa bärigheten (Tabell 12). Tilläts felmarginalen på en klass upp eller ner steg dock träffsäkerheten till 67,4 %. Tilläts inte någon felmarginal skedde även här en viss överklassning av datorn, då över/under-kvoten var 1,23. För punkterna utanför felmarginalen var det dock en viss underklassning. Kvoten mellan över- och underklassade punkter var då 0,75.

Tabell 12. Förväxlingsmatris för inventerade punkter i områden där jordartskartan finns i skala 1:100 000. Fältklassad bärighet ställs mot klassad bärighet, beräknad utifrån jordartskartan och markfuktighetskartan.

Datorklassning	Fältklassning					Total	Användarnoggrannhet
	1	2	3	4	5		
1	7	1	1	0	0	9	78 %
2	10	6	4	2	3	25	24 %
3	5	7	6	2	10	30	20 %
4	1	3	2	0	3	9	0 %
5	1	0	2	1	9	13	69 %
Total	24	17	15	5	25	86	
Producentnoggrannhet	29 %	35 %	40 %	0 %	36 %		
Träffsäkerhet	32,56 %						

Jämfördes klassningarna (Tabell 11 & Tabell 12) sågs att det stora felet för bärighetsklassningen, klassad utifrån jordartskartan och markfuktighetskartan var att en stor andel av de punkter, klassade som fem i fält klassats för lågt. Endast 36 % av punkterna klassade som fem i fält klassades också som fem av modellen. Detta kan sättas emot att 68 % av punkterna som klassades som fem i fält klassades rätt om endast markfuktighetskartan används vid klassningen. Användarnoggrannheten var dock högre för bärighetsklass fem då jordartskartan inkluderas. När både jordartskartan och markfuktighetskartan användes och klassade bärigheten till fem, var alltså sannolikheten större för att det skulle bli rätt, än om jordartskartan inte användes.

4 Diskussion

4.1 Markfuktighetskartan

Då klassificeringen av markfuktighetskartan gjordes kunde en träffsäkerhet av drygt 46 % uppnås. Detta innebär att den datorklassificerade markfuktigheten stämde överens med den i fält klassade markfuktigheten i nästan hälften av fallen. Detta kan vid en första inblick verka lågt men jämförelsen är då i princip gjord på pixelnivå i markfuktighetskartan. Genom att ta ett steg tillbaka och titta mer generellt på en något grövre upplösning skulle säkerligen träffsäkerheten öka. Att klassa markfuktigheten i fält medför också en viss osäkerhet, vilket eventuellt kan återspeglas i resultatet. I en liknande studie gjord av Skogforsk 2014 ligger träffsäkerheten på 68 % (Bergkvist m.fl., 2014). I studien användes dock endast fyra klasser till att klassa markfukten, vilket ökar sannolikheten för att klassificeringen skall bli rätt. Metoderna för hur analysen gjordes skiljer sig också åt vilket gör att någon djupare jämförelse är svår.

Studien av Skogforsk visade också att diken kunde leda till en felklassificering av markfuktigheten (Bergkvist m.fl., 2014), vilket inte har framkommit i denna studie. Detta kan bero på att k-NN-klassificering använts som metod för att klassa markfuktigheten i denna studie. Eftersom dikade områden också ofta i grunden är fuktiga kan det ha lett till att extremvärden för klassificeringen också sorterades bort när de dikningspåverkade punkterna sorterades bort. Detta kan vara orsaken till att markfuktighetsklassificeringen blev sämre då dikade områden togs bort från klassificeringen.

Eftersom markfuktighetskartan inte bygger på data från jordartskartan måste något annat ligga bakom de skillnader som kan ses i träffsäkerhet mellan de olika skalorna för jordartskartan. En trolig orsak kan vara slumpen. Eftersom punkterna ligger samlade till olika hyggen kan ett generellt fel hos markfuktighetskartan på ett hygge avspeglade sig i resultatet. En annan orsak kan vara den geografiska fördelningen av hyggena då större delen av hyggena i skala 1:50 000 ligger samlade

kring Växjö, medan hyggena i skala 1:100 000 ligger längre åt nordost. Om topografin eller markförhållandena då är olika i de olika områdena kan detta ligga till grund för de skiftande träffsäkerheterna.

4.2 Jordartskartan

Att jordartskartan är osäker är väl känt. Ändå lyckas jordartskartan relativt väl klassa om marken är fastmark eller torvmark, speciellt i skala 1:50 000. I studien tycks det dock som att jordartskartan inte klarar att klassa texturen tillräckligt väl, då all fastmark klassats som sandig moig morän. Att jordartskartan endast kan urskilja fastmark och torvmark behöver dock inte leda till större fel i bärighetsklassificeringen. Flera av de olika jordarterna i Forskningsstiftelsen skogsarbetens tabell för bärighet (Tabell 1) klassas ändå som samma bärighet, eller endast någon klass upp eller ner. Detta gör att de fel som jordartskartan för med sig in i klassningen förminskas. Den avgörande faktorn för bärigheten är istället om marken är fast- eller torvmark. Problemen uppstår då när jordartskartan i skala 1:100 000 klassar ett antal punkter som fastmark, fast de i fält klassats som torv.

Förutom osäkerheten i jordartskartan kan felkällorna bero på några saker i studien. En felkälla kan vara att det är ytterst få punkter för vissa utav jordartskartans klasser som inventerats. Detta gör att en felklassad punkt i jordartskartan kan få ett mycket stort genomslag. Dessutom kan tolkningen av torvmark spelat roll. I studien, och för att göra bärighetsklassningen har en gräns på 30 cm använts för vad som skall klassas som torvmark. Vilken gräns jordartskartan har för torvmark står inte att utläsa i de dokument som följer med jordartskartan (Sveriges geologiska undersökning, 2014). För ett fåtal inventerade punkter där jordartskartan klassat marken som fastmark hade detta stämt om en något djupare gräns för torvmark hade använts. I dessa lägen kan inte jordartskartan klandras för att vara fel, utan det kan då vara gränsvärdet för torvmark som inte stämmer överens med SGU:s definition.

En ytterligare felkälla kan vara klassningen av jordart och textur vid inventeringen. Att bedöma markens jordart är inte en helt lätt process och felkällor kan förekomma.

Vid en första anblick kan det verka märkligt att klassningen av jordart är sämre än klassningen av textur (Bilaga 2). Anledningen till detta är att för klassningen av textur användes endast punkter vilka inte klassats som torvmark vid tolkningen av variabeln jordart.

4.3 Klassificeringen av bärighet

Eftersom bärigheten är en funktion av markfuktighet och jordart är det inte konstigt att träffsäkerheten för klassningen av bärighet utifrån endast markfuktighetskartan är något lägre än träffsäkerheten för att klassa markfuktigheten utifrån både markfuktighetskartan och jordartskartan. Det är dock intressant att träffsäkerheten för att klassa bärigheten, utifrån enbart markfuktighetskartan är högre för punkter där jordartskartan finns i skala 1:100 000, än för punkter där jordartskartan finns i skala 1:50 000. Tvärt emot tendensen som kunde ses då endast markfuktigheten klassades utifrån markfuktighetskartan. Det generella felet, att det skiljer sig mellan de olika skalorna kan, precis som för skillnaden i markfuktighetsklassning, inte bero på jordartskartan i sig, utan andra faktorer måste spela in. Precis som för klassningen av markfuktigheten kan det även här vara något speciellt hygge som påverkar klassningen, eller att områdena är geografiskt skilda. Anledningen till att klassningen av bärighet är bättre i områden där jordartskartan finns i skala 1:100 000, till skillnad från markfuktighetsklassningen som är sämre i dessa områden torde vara att det är större andel punkter klassade som bärighetsklass 5, det vill säga torvmarker hos punkterna i skala 1:50 000. Detta borde då leda till en minskad träffsäkerhet för bärighetsklassningen eftersom markfuktighetskartan inte känner till om marken är fast- eller torvmark. Om skillnaden i antalet torvmarkspunkter beror på slumpen eller om det finns en tendens till att torvmarker är vanligare i inlandet kan inte denna studie svara på.

Då jordartskartan inkluderas i bärighetklassningen sker en klar förbättring av träffsäkerheten för punkter där jordartskartan finns i skala 1:50 000. Eftersom endast fast- och torvmark används som variabler från jordartskartan innebär det att det är den gränsdragningen som ökar träffsäkerheten. Likaså måste det vara jordartskartan i skala 1:100 000 som brister i att påvisa små torvmarksfläckar och därför försämrar bärighetsklassificeringen i skala 1:100 000.

Kvoten mellan antalet över- och underklassade punkter är också viktig att ta i beaktande då de olika klassningarna jämförs. Eftersom målet med bärighetsklassningen är att undvika körskador bör inte alltför många punkter klassas lägre än vad de är i verkligheten, vilket skulle kunna resultera i att markens bärighet tros vara bättre än den är. Det skulle i sådana fall vara bättre med en över-/underkvot på mer än 1, då detta innebär att fler punkter klassats för högt än för lågt.

Skulle en trakt klassas som bärighetsklass tre fast den egentligen har bärighetsklass fem, eller vice versa skulle det också kunna få stora konsekvenser. Träffsäkerheten inom en felmarginal på en klass försöker åskådliggöra detta. Generellt kan sägas att denna träffsäkerhet är relativt hög, men skapas en sådan felmarginal ökas också antalet inräknade klasser. Detta innebär att sannolikheten för att en punkt skall klassas rätt på grund av endast slumpen ökar.

Vilken form av noggrannhet som skall eftersträvas bör också diskuteras. Kanske bör en hög producentnoggrannhet eftersträvas, speciellt då bärigheten är dålig. Detta skulle då innebära att färre områden som i fält har dålig bärighet missas vid klassificeringen. Det skulle dock innebära att vissa områden med bättre bärighet skulle missas vid klassificeringen.

4.4 Slutsatser

Sammanfattningsvis kan sägas att jordartskartan kan vara ett stöd vid bärighetsklassificering av skogsmark. Speciellt i områden där jordartskartan finns i skala 1:50 000. Det tycks dock inte behövas några komplicerade modeller eller beräkningar. Säkerheten skulle i stort sett kunna ökas endast med information om vilka marker som klassats som torvmark och där igenom har bärighetsklass fem. För områden där jordartskartan finns i skala 1:100 000 är möjligheterna dock sämre. I och med att användarnoggrannheten är högre för bärighetsklass fem då jordartskartan inkluderas skulle dock jordartskartan även här kunna användas som en varning för att informera om att bärigheten kan vara dålig. Många områden skulle dock missas, vilket kan innebära att bärigheten överskattas. Då jordartskartan i skala 1:50 000 finns för mer än hälften av arealen inom Södras verksamhetsområde kan det ändå finnas en poäng i att nyttja jordartskartan.

Referenslista

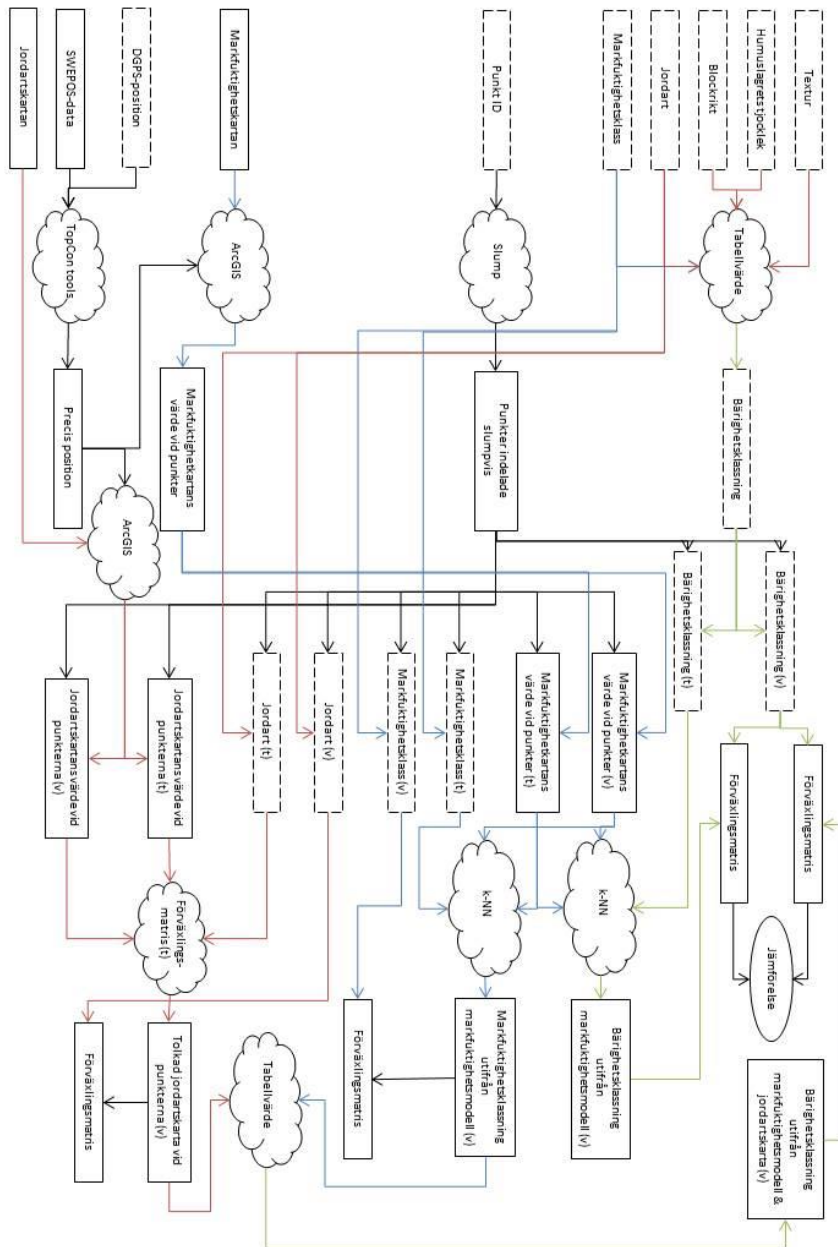
- Anderson, G., Pidgeon, J. D., Spencer, H. B. & Parks, R. (1980). A new hand-held recording penetrometer for soil studies. *Journal of Soil Science*, vol. 31(2), ss. 279-296.
- Berg, S. (1995) *Terrängtypsschema för skogsarbete*. Spånga: Forskningsstift. Skogsarbeten.
- Bergkvist, I., Friberg, G., Mohtashami, S. & Sonesson, J. (2014-09-01) *Markfuktighetskarter ger bra bild av verkligheten*. <http://www.skogforsk.se/kunskap/kunskapsbanken/2014/Markfuktighetskarter-ger-bra-bild-av- verkligheten/> [2015-05-14]
- Brady, N. C. & Weil, R. R. (2002) *The nature and properties of soils*. 13 edn. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall.
- Campbell, D. M. H., White, B. & Arp, P. A. (2013). Modeling and mapping soil resistance to penetration and rutting using LiDAR-derived digital elevation data. *Journal of Soil and Water Conservation*, vol. 68(6), ss. 460-473.
- Croke, J., Hairsine, P. & Fogarty, P. (2001). Soil recovery from track construction and harvesting changes in surface infiltration, erosion and delivery rates with time. *Forest Ecology and Management*, vol. 143(1-3), ss. 3-12.
- Eliasson, L. (2005). Effects of forwarder tyre pressure on rut formation and soil compaction. *Silva Fennica*, vol. 39(4), ss. 549-557.
- Forskningsstiftelsen Skogsarbeten (1969) *Terrängtypschema för svenskt skogsbruk*, Stockholm: Forskningsstiftelsen Skogsarbeten.
- Greacen, E. L. & Sands, R. (1980). Compaction of forest soils - A review. *Australian Journal of Soil Research*, vol. 18(2), ss. 163-189.
- Hjerdt, K. N., McDonnell, J. J., Seibert, J. & Rodhe, A. (2004). A new topographic index to quantify downslope controls on local drainage. *Water Resources Research*, vol. 40(5), ss. 6.
- Karlsson, P. E., Zetterberg, T., Hellsten, S. & Munthe, J. (2007) *Kvicksilverutlakning från växande, avverkad och stormskadad skog*. Stockholm: IVL Svenska miljöinstitutet.
- Lantmäteriet (2014). *Produktbeskrivning: GSD-Höjddata, grid 2+*: Lantmäteriet. Tillgänglig: http://www.lantmateriet.se/Global/Karter%20och%20geografisk%20information/Höjddata/Produktbeskrivningar/hojd2_plus.pdf [2014-09-16].

- Lantmäteriet (2015). *Nationell Höjdmodell Produktionsstatus*. Tillgänglig: http://www.lantmateriet.se/External/geolex/bild_hojd/utfall/utfall_nh_prodstatus.pdf [2015-05-10].
- Lillesand, T. M., Kiefer, R. W. & Chipman, J. W. (2008) *Remote sensing and image interpretation*. New York: Wiley.
- Lundqvist, L., Lindroos, O., Göran, H. & Fries, C. (2010) *Skogsskötselserien 20, Slutavverkning*. Jönköping: Skogsstyrelsen.
- Magnusson, T. (2011) *Markvetenskap: kompendium i markvetenskap för jägmästarprogrammets grundkurser: övningsunderlag och litteratur*. Umeå: Sveriges lantbruksuniv.
- Moore, I. D., Grayson, R. B. & Ladson, A. R. (1991). Digital terrain modeling - A review of hydrological, geomorphological, and biological applications. *Hydrological Processes*, vol. 5(1), ss. 3-30.
- Murphy, P. N. C., Ogilvie, J. & Arp, P. (2009). Topographic modelling of soil moisture conditions: a comparison and verification of two models. *European Journal of Soil Science*, vol. 60(1), ss. 94-109.
- Murphy, P. N. C., Ogilvie, J., Connor, K. & Arp, P. A. (2007). Mapping wetlands: A comparison of two different approaches for New Brunswick, Canada. *Wetlands*, vol. 27(4), ss. 846-854.
- Narasimhan, T. N. (2005). Buckingham, 1907: An appreciation. *Vadose Zone Journal*, vol. 4(2), ss. 434-441.
- Päivänen, J. & Hånell, B. (2012) *Peatland ecology and forestry : a sound approach*. Helsinki: University of Helsinki, Department of Forest Sciences.
- Riksskogstaxeringen (2014) *Fältinstruktion 2014*: Institutionen för skogslig resurshushållning & Institutionen för mark och miljö. Tillgänglig: http://www.slu.se/PageFiles/26356/RIS_FIN_2014.pdf [2015-05-01].
- Saarilahti, M. (2002) 'Soil interaction model', *University of Helsinki. Department of Forest Resource Management*.
- Skogsindustrierna & LRF skogsägarna (2014). *Branschgemensam miljöpolicy om körskador på skogsmark*. Tillgänglig: http://www.skogsindustrierna.org/MediaBinaryLoader.axd?MediaArchive_FileID=b077bdd1-b1c3-4493-9780-9f198df7454b&FileName=SkogBranchMilj%C3%B6_2015.pdf [2015-05-14].
- Skogsvårdslagen (2014). Jönköping. (SFS 2014:890, SFS 2014:1027 & SKSFS 2014:7).
- Sveriges geologiska undersökning (2014). *Produktbeskrivning, Produkt: Jordarter 1:25 000-1:100 000*. Tillgänglig: <http://resource.sgu.se/dokument/produkter/jordarter-25-100000-beskrivning.pdf> [2015-05-15].
- Södra (2013-06-28) *Kunskap, hänsyn och effektivitet*. <http://skog.sodra.com/sv/Kopa-skogliga-tjanster/Att-slutavverka-i-tid-lonar-sig/kunskap-hansyn-och-effektivitet/> [2015-05-14]
- Tamm, O. (1959) *Studier över klimatets humiditet i Sverige*. Kungl. Skogshögskolans skrifter, 99-0656461-X ; 32 Stockholm.

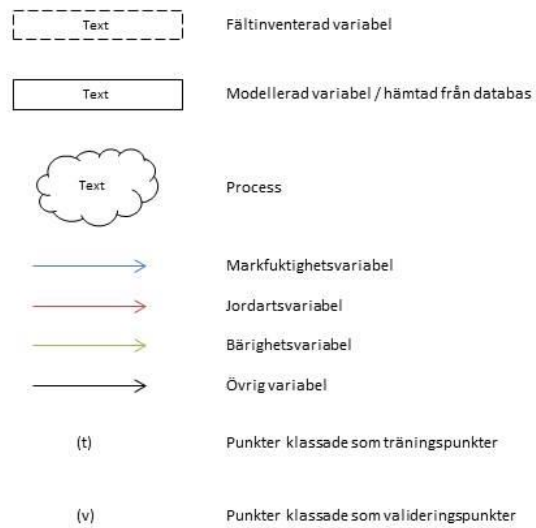
- Williamson, J. R. & Neilsen, W. A. (2000). The influence of forest site on rate and extent of soil compaction and profile disturbance of skid trails during ground-based harvesting. *Canadian Journal of Forest Research*, vol. 30(8), ss. 1196-1205.
- Wood, P. J. & Armitage, P. D. (1997). Biological Effects of Fine Sediment in the Lotic Environment. *Environmental Management*, vol. 21(2), ss. 203-217.
- Wästerlund, I. (1983). Kantträdens tillväxtförluster vid gallring p.g.a. jordpackning och rotskador i stickväg. En sammanställning och bearbetning av litteraturuppgifter. *Sveriges skogsvårdsförbunds tidskrift*, vol., ss. 97-109.

Bilaga 1

Flödesschema över genomförda moment



Figur 2. Flödesschema över genomförda moment i studien.



Figur 3. Teckenförklaring till figur 2.

Bilaga 2

Förväxlingsmatriser för tolkningen av jordartskartan

Tabell 13. Förväxlingsmatris för klassad jordart mot, från jordartskartan tolkad jordart för samtliga punkter.

Tolkad jordart	Fältklassning				Total	Användarnoggrannhet
	Sedi- ment	Morän	Häll	Torv		
Sediment	0	0	0	0	0	-
Morän	9	74	4	22	109	68 %
Häll	0	0	0	0	0	-
Torv	1	4	0	40	45	89%
Total	10	78	4	62	121	
Producentnoggrannhet	0 %	95 %	0 %	65 %		
Träffsäkerhet	74,03 %					

Tabell 14. Förväxlingsmatris för klassad jordart mot, från jordartskartan tolkad jordart för punkter inventerade där jordartskartan finns i skala 1:50 000.

Tolkad jordart	Fältklassning				Total	Användarnoggrannhet
	Sediment	Morän	Häll	Torv		
Sediment	0	0	0	0	0	-
Morän	2	28	0	6	36	78 %
Häll	0	0	0	0	0	-
Torv	0	1	0	31	32	97 %
Total	2	29	0	37	68	
Producentnoggrannhet	0 %	97 %	-	84 %		
Träffsäkerhet	86,76 %					

Tabell 15. Förväxlingsmatris för klassad jordart mot, från jordartskartan tolkad jordart för punkter inventerade där jordartskartan finns i skala 1:100 000.

Tolkad jordart	Fältklassning				Total	Användarnoggrannhet
	Sediment	Morän	Häll	Torv		
Sediment	0	0	0	0	0	-
Morän	7	46	4	16	73	63 %
Häll	0	0	0	0	0	-
Torv	1	3	0	9	13	69 %
Total	8	49	4	25	86	
Producentnoggrannhet	0 %	94 %	0 %	36 %		
Träffsäkerhet	63,95 %					

Tabell 16. Förväxlingsmatris för klassad textur mot, från jordartskartan tolkad textur för samtliga punkter.

Tolkad textur	Fältklassning								Total	Användarnoggrannhet
	Sten(ig) / block(ig)	Grus(ig)	Grovsand / Sandig	Mellans. / SaMo	Grovmo / SaMo	Finmo / Moig	Mjåla / Mjålig	Lera / Lerig		
Sten(ig)/block(ig)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Grus(ig)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Grovsand/Sandig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Mellans./SaMo	4	0	0	63	1	8	5	2	83	76 %
Grovmo/SaMo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Finmo/Moig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Mjåla/Mjålig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Lera/Lerig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Total	4	0	0	63	1	8	5	2	83	
Producentnoggrannhet	0 %	-	-	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %		
Tråffsåkerhet	75,90 %									

Tabell 17. Förväxlingsmatris för klassad textur mot, från jordartskartan tolkad textur för punkter inventerade där jordartskartan finns i skala 1:50 000.

Tolkad textur	Fältklassning								Total	Användarnoggrannhet
	Sten(ig) / block(ig)	Grus(ig)	Grovsand / Sandig	Mellans. / SaMo	Grovmo / SaMo	Finmo / Moig	Mjåla / Mjålig	Lera / Lerig		
Sten(ig)/block(ig)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Grus(ig)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Grovsand/Sandig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Mellans./SaMo	2	0	0	21	0	3	3	1	30	70 %
Grovmo/SaMo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Finmo/Moig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Mjåla/Mjålig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Lera/Lerig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Total	2	0	0	21	0	3	3	1	30	
Producentnoggrannhet	0 %	-	-	100 %	-	0 %	0 %	0 %		
Tråffsäkerhet	70,00 %									

Tabell 18. Förväxlingsmatris för klassad textur mot, från jordartskartan tolkad textur för punkter inventerade där jordartskartan finns i skala 1:100 000.

Tolkad textur	Fältklassning								Total	Användarnoggrannhet
	Sten(ig) / block(ig)	Grus(ig)	Grovsand / Sandig	Mellans. / SaMo	Grovmo / SaMo	Finmo / Moig	Mjäla / Mjälilig	Lera / Lerig		
Sten(ig)/block(ig)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Grus(ig)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Grovsand/Sandig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Mellans./SaMo	2	0	0	42	1	5	2	1	53	79 %
Grovmo/SaMo	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Finmo/Moig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Mjäla/Mjälilig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Lera/Lerig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-
Total	2	0	0	42	1	5	2	1	53	
Producentnoggrannhet	0 %	-	-	100 %	0 %	0 %	0 %	0 %		
Träffsäkerhet	79,25 %									

SENASTE UTGIVNA NUMMER

- 2015:1 Författare: Anders Henriksson
Kan markfuktighetskartor användas för att hitta skogsmark med hög bonitet? – Ett GIS-baserat försök med DTW-index och laserskannad övre höjd
- 2015:2 Författare: Louise Magnusson
Markberedning i blockrik terräng – En jämförelse mellan grävmaskin och harv
- 2015:3 Författare: Julia Ingelmark
Död ved i vattendrag och kantzon, Blå målklassning och NPK+ - En studie av förhållandena på Villingsbergs skjutfält
- 2015:4 Författare: Malin Boström
Do 25 years old skid tracks restrict growth and survival? – A study on growth conditions for the planted regeneration in a rainforest rehabilitation project
- 2015:5 Författare: Mikael Kullström
Naturligt förryngrade huvudstammar i röjda bestånd etablerade efter plantering på SCAs mark
- 2015:6 Författare: Sara Waern
Återskapande av biodiversitet i degraderad sekundär regnskog i Sabah, Malaysia – naturlig förnygring av träd efter restaureringsåtgärder
- 2015:7 Författare: Sandra Laestander
”Den kemiska bekämpningen av skadlig lövskog har öppnat helt nya vyer för skogsbruket” – Flygbesprutning med herbicider i Arjeplog 1953-1978
- 2015:8 Författare: Simon Bylund
Algbiomassa som gödselmedel till gran och tall
- 2015:9 Författare: Anton Wikman
Ekarna på Tullgarn – En studie om ekförekomstens utveckling och framtid
- 2015:10 Författare: Joakim Jansson
Rehabilitation in a tropical secondary rain forest in Malaysian Borneo – Early effects of canopy properties on light conditions at the forest floor
- 2015:11 Författare: Adam Klingberg
Tillväxt, överlevnad och skador för provenienser av Banksianatall (*Pinus banksiana*, Lamb.) i norra Sverige
- 2015:12 Författare: Rasmus Häggqvist
Skötselplan för Gammlasåsen
- 2015:13 Författare: Elisabet Ekblad
Förutsättningar för naturhänsyn i bestånd med contortatall (*Pinus contorta*)
- 2015:14 Författare: Jon Wikström
Utvärdering av förmågan hos Wet Area Mapping (WAM) att beskriva markbärigheten på skogsmark intill vattendrag
- 2015:15 Författare: Jenny Tjernlund
Grundvattenkemin tre år efter askgödsling på djupa torvmarker i Norrland

Hela förteckningen på utgivna nummer hittar du på www.seksko.slu.se